Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 181-190

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۹۰-۱۸۱

بررسی اثر تراکم بر میزان فتوسنتز و شاخص‌های رشد اکوتیپ‌های حنا (*Lowsonia inermis* L.)

امین پسندی پور[1]- حسن فرح بخش[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۳۱

چکیده

تعیین تراکم بهینه یکی از عوامل مهم برای به‌دست آوردن حداکثر عملکرد در هر شرایط اقلیمی و هر رقم گیاهی می‌باشد. حنا با نام علمی *Lowsonia inermis* L. گیاهی چند ساله است که از لحاظ دارا بودن خواص دارویی و کاربردهای صنعتی از ارزش بالایی برخوردار است. این تحقیق به‌منظور بررسی واکنش‌های زراعی-فیزیولوژیک اکوتیپ‌های مختلف گیاه حنا (شهداد، بم و رودبار) به تراکم‌های مختلف کاشت (۲۵، ۳۳، ۵۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع) در شرایط آب و هوایی کرمان به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد اکوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ شاخص‌های سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و میزان هدایت روزنه‌ای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند و بیشترین میانگین این صفات مربوط به اکوتیپ شهداد بود. بین تراکم‌های مورد بررسی نیز از لحاظ اکثر صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین حاکی از حصول بیشترین مقدار شاخص سرعت رشد محصول و کمترین میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و تعرق از تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع بود. به‌طور کلی در این تحقیق اگرچه رقم شهداد برتری معنی‌داری در سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول نسبت به دو اکوتیپ بم و رودبار داشت ولی عملکرد خشک کل و خشک برگ این اکوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج این تحقیق نشان داد که تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع این گیاه برای سال اول کاشت از نظر عملکردی مناسب‌تر از سایر تراکم‌ها بوده ولی برای سال‌های دوم به بعد با توجه به رشد پیکره گیاه نیاز به تحقیق بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ، سرعت رشد محصول، عملکرد، فاصله روی ردیف، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

حنا (*Lowsonia inermis* L.) گیاهی است بوته‌ای با شاخه‌های زیاد و بدون کرک و ارتفاع آن به چهار متر نیز می‌رسد. برگ‌های حنا کوچک، بیضوی، نوک تیز، لبه‌دار و قهوه‌ای متمایل به سبز تا قهوه‌ای تیره به‌صورت متقابل روی شاخه قرار دارند. شاخه‌های حنا دارای مقطع مربعی شکل بوده و به رنگ سبز هستند که با افزایش سن گیاه به قرمز متمایل می‌شوند. گل‌آذین این گیاه خوشه‌ای و بزرگ است که دارای تعداد زیادی گل کوچک و معطر می‌باشد. میوه گیاه حنا کپسولی به رنگ قهوه‌ای است. در زمان رسیدن، میوه‌ها به‌صورت نامنظم باز شده و چهار قسمت می‌شوند. هر بوته تعداد زیادی بذر تولید می‌کند. بذرهای گیاه حنا هرمی، صاف، سخت و به رنگ قهوه‌ای متمایل به خرمایی هستند که اندازه آنها دو میلی‌متر است (Chaudhary *et al*., 2010).

این گیاه بومی شمال آفریقا و جنوب آسیا بوده که در کشورهای آسیای جنوبی مانند هند، ایران، پاکستان و امارات متحده عربی به‌طور گسترده‌ای در مراسم‌های مذهبی جوامع هندو و مسلمان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kumar Singh *et al*., 2015).

محصول گیاه حنا ماده‌ای طبیعی و غیرسمی و فاقد اثرات شدید است و با توجه به سایر مزیت‌های آن از جمله ارزانی و در دسترس بودن آن برای مردم کشورهای در حال توسعه می‌تواند به‌عنوان یک شانس واقعی برای درمان و پیشگیری عفونت‌های پوستی مطرح شود (Behdani *et al*., 2009). این گیاه دارای اثر ضد باکتری خصوصاً در باکتری‌های گرم مثبت می‌باشد. همچنین دارای اثر ضد قارچی در قارچ‌های مولد کچلی تریکوفایتون، اسپوروتریکوم و کریپتوکوکوس است؛ اثر ضد باکتری و ضد قارچی حنا را به لاوسون نسبت می‌دهند (Al-Rubiay *et al*., 2008). ازجمله دیگر خواص حنا اثر ضد سرطانی آن است، عصاره کلروفرمی حنا بر علیه لاین سلولی کبد و پستان دارای اثرات سیتوتوکسیت قوی بوده و با سرکوب بیان ژن

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکترا (عضو انجمن پژوهشگران جوان) و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: hfarahbakhsh@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i1.61146

Myc-c کـه در رشـد سـلولی نقـش مهمـی دارد، باعـث مهـار رشـد سلول‌های سرطانی می‌شود (Endrini *et al*., 2007). همچنـین حنـا در طب سنتی در درمان بیماری‌های مختلف از جمله اختلال قاعدگی، ادم، رماتیسم، برونشیت و هموروئید مورد استفاده قرار می‌گیرد (Bich *et al*., 2004).

عملیات کاشت حنا در استان کرمـان از اواسـط اسـفند تـا اواخـر اردیبهشت ماه متغیر می‌باشد. بررسی فنولوژیکی ایـن گیـاه نشـان داد که به‌طور متوسط بین ۱۲ تا ۱۴ روز پس از کاشت بذرها جوانـه زده و از خاک خارج می‌شوند. شکفتن گل‌ها در گیاه به‌طور متوسط حدود ۹۰ روز پس از کاشت آغاز می‌شود و به‌طور مداوم ادامه می‌یابـد. سـرعت گلدهی با شروع ماه‌های گرم (تیر و مرداد) کند شـده ولـی مجـدداً در اواخر دوره رشد با خنک‌تر شـدن هـوا سـرعت مـی‌گیـرد. در منـاطق مختلف نیز رسیدگی کامل میوه از اواخر مهر تا اواخر آبان ماه می‌باشد. تعداد چین برداشتی تحت تأثیر تاریخ کاشت، تعداد آبیاری و چند ساله بودن گیاه بین دو تا سه چین متغیر است. کل دوره رشد گیاه بـه‌طـور متوسط بین ۱۹۰ تا ۲۲۰ روز استان کرمان متغیر می‌باشد (Pasandi Pour *et al*., 2018).

تراکم یکی از عوامل مهم در تعیین عملکـرد محصـولات زراعـی محسوب می‌شود. به‌عنوان یک اصل کلی همواره در تراکم‌های بـیش از تراکم مطلوب، رقابت درون‌گونه‌ای باعث کـاهش عملکـرد شـده و بالعکس در تراکم‌های کمتر از حد مطلوب از امکانات محیطی اعـم از نور، فضا، آب و خـاک بـه نحـو مطلـوب اسـتفاده نشـده و در نهایـت عملکرد نیز کاهش خواهـد یافـت (Martin and Deo, 2000). لـذا، حداکثر بهره‌برداری از عوامـل لازم جهـت رشـد گیـاه وقتـی حاصـل می‌شود که جمعیت گیاهی حداکثر فشار را بر تمام عوامـل تولیـد وارد نماید. تراکم کاشت به عوامل مختلفی مانند خصوصیات گیاه زراعی و طول دوره رشد آن، زمان و روش کاشت، وضعیت حاصلخیزی خـاک، عملیات مـدیریتی در مزرعـه و روش برداشـت بسـتگی دارد (Nour-Mohamadi *et al*., 2010).

جامعه گیاهی در تراکم‌هـای بـالا در مراحـل ابتـدایی رشـد وزن خشک بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین تولید می‌کند (Morrison, 1990). همچنین بیان شده است در تراکم‌های پایین غلات بـا اینکـه مقدار سرعت رشد محصـول در ابتـدای دوره رشـد کمتـر اسـت ولـی سرعت افزایش آن بیشتر اسـت (Lebaschi, 1992). بـا بررسـی اثـر تراکم بوته بر میزان فتوسنتز خـالص و هـدایت روزنـه‌ای گیـاه سـویا (*Glycine max*) بیان شد با افزایش تراکم بوته از ۳۰۰ هزار بـه ۵۰۰ هزار بوته در هکتار، میزان فتوسنتز خالص کاهش ولی میزان هـدایت روزنه‌ای افزایش یافته است (Sadeghi *et al*., 2015).

نحوه توزیع و تراکم بوته‌ها در مزرعه بر جذب و بهره‌وری گیـاه از عوامل محیطی تأثیر گذاشته و از طریق تغییر در شاخص‌های رشد، بر عملکرد در واحد سطح تأثیر می‌گذارد. شناخت و بررسی شاخص‌هـای رشد در تجزیه و تحلیل عوامـل مـؤثر در عملکـرد از اهمیـت زیـادی برخوردار بوده و به کمک آنها می‌توان با توصیف کمـی رشـد و نمـو، تولید محصـول را ارزیـابی کـرد (Moradhajati and Shokuhfar, 2016). با توجه به اهمیت گیاه حنا و با عنایت بـه ایـن کـه در مـورد بهبود روش کاشت این گیاه تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است، این تحقیق به منظور تعیین مناسب‌ترین اکوتیـپ و تـراکم کاشـت بـرای تولید ماده خشک برگی و همچنین بررسی سازگاری و امکـان کاشـت گیاه حنا در منطقه کرمان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۴ در مزرعـه تحقیقـاتی دانشـگاه شـهید باهنر کرمان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌هـای کامـل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. آزمایش شامل چهار تراکم بوته (۲۵، ۳۳، ۵۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع) و سه اکوتیپ (شهداد، رودبـار و بـم) بود. به دلیل ریز بودن بذور و همچنین مشکلات جوانـه‌زنـی از روش نشاءکاری استفاده شد. کاشت در اواسـط فـروردین مـاه و در شـرایط گلخانه درون سینی‌های نشاء ۱۰۵ خانه‌ای با عمق پـنج سـانتی‌متـر و حجم ۲۵ سی‌سی انجام شد. سینی‌های نشاء با مخلوطی از شـن ریـز (۵۰ درصد) و کوکوپیت (۵۰ درصد) پر شده و بذور به‌صورت سـطحی روی آن کشت شدند. آبیاری سینی‌های نشاء تـا سـبز شـدن گیاهـان به‌صورت روزانه ادامه یافت و پس از آن تا زمان انتقال به‌صورت یـک روز در میان انجام شد. انتقال نشاءها به زمین اصـلی در اواخـر خـرداد ماه و هنگامی که گیاهچه‌ها در مرحله شش تـا هشـت برگـی بودنـد صورت پذیرفت. کاشت در مزرعه در پـلات‌هـای سـیمانی یـک متـر مکعبی که مجهز به زهکش بودند انجـام شـد. تمـامی کـود پتـاس و فسفر و یک سوم کود ازت مورد نیاز بعد از عملیات تهیه بستر به خاک اضافه شد. نتایج آزمـون خـاک در جـدول ۱ نشـان داده شـده اسـت. نشاءها در ردیف‌هایی با فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر و همچنـین فواصل روی ردیف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر کشت گردیدند.

در این تحقیق شاخص‌های رشدی از قبیل شاخص سـطح بـرگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA)، وزن مخصـوص بـرگ (SLW)، دوام سـطح بـرگ (LAD) و دوام زیسـت تـوده (BMD) محاسبه شدند. شاخص‌های رشد طی دو مرحله نمونه‌برداری در اوایل و اواسـط شـهریور مـاه انـدازه‌گیـری شـدند (Koocheki and Sarmadnia, 2006).

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش
Table 1- A synopsis of physic-chemical properties of soil

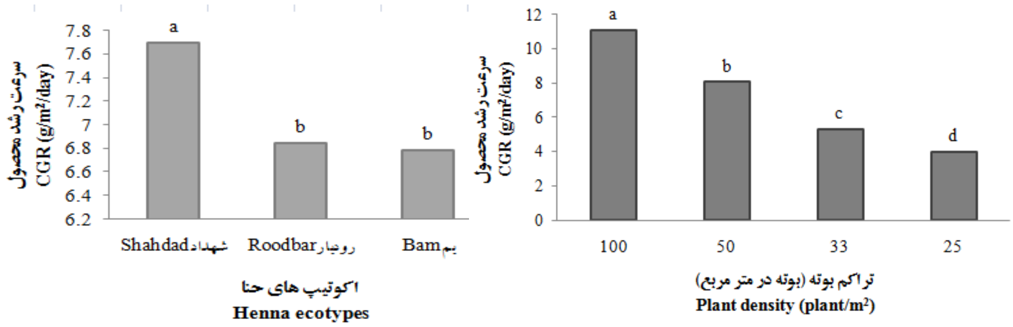
مشخصات خاک	Soil properties	عمق ۰ تا ٦٠ سانتی‌متر 0 to 60 cm depth
بافت خاک	Soil texture	Sandy-Loam
نیتروژن	Nitrogen (%)	0.05
فسفر	Phosphorus (ppm)	16
پتاسیم	Potassium (ppm)	242
هدایت الکتریکی	EC (dS/m)	4.31
اسیدیته	pH	8.07
ماده آلی	Organic matter (%)	0.06

میزان فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق نیز در اواسط دوره رشد گیاه با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر مدل CI-340 ساخت شرکت CID Bio- Science آمریکا اندازه‌گیری شدند. در اواخر مهر ماه با برداشت گیاهان از ارتفاع ۵ سانتی‌متری سطح خاک و خشک کردن آنها در آون تهویه‌دار در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، عملکرد خشک برگ و عملکرد خشک کل محاسبه گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. جهت محاسبات آماری و مقایسه میانگین‌ها، نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C مورد استفاده قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

سرعت رشد محصول (CGR): نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار اکوتیپ و تراکم در سطح احتمال یک درصد (P<0.001) برای این شاخص معنی‌دار گردید (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به اکوتیپ شهداد بود که اختلاف معنی‌داری با دو اکوتیپ دیگر داشت درحالی‌که بین اکوتیپ‌های رودبار و بم اختلاف معنی‌داری از این حیث وجود نداشت. افزایش تراکم کاشت منجر به افزایش معنی‌دار این شاخص گردید به‌گونه‌ای که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب مربوط به تراکم‌های ۱۰۰ و ۲۵ بوته در مترمربع بود (شکل ۱). تحقیق بر روی ارقام آفتابگردان نشان داد که سرعت رشد محصول در تراکم ۱۲ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۶ بوته در مترمربع افزایش یافت (Ghalandari *et al.*, 2009). افزایش سرعت رشد محصول در تراکم‌های بالاتر گیاهی را می‌توان به دلیل افزایش تعداد گیاه در واحد سطح و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ دانست که در این تحقیق نیز با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ نیز افزایش یافت. مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شده است با افزایش تراکم در گیاه جو از ۲۵۰ تا ۴۰۰ بذر در مترمربع، سرعت رشد محصول نیز افزایش یافت (Moradhajati and Shokuhfar, 2016).

سرعت رشد نسبی (RGR): سرعت رشد نسبی افزایش ماده خشک به بیوماس کل گیاه در واحد زمان است (Campos *et al.*, 2008) و نشان‌دهنده توانایی گیاهان در جذب و کارایی مصرف منابع است. تراکم‌های مختلف از نظر سرعت رشد نسبی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (P>0.05) ولی بین اکوتیپ‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری ملاحظه شد (جدول ۲). اکوتیپ شهداد با میانگین ۰/۰۱۸ گرم در گرم در روز به‌طور معنی‌داری در مقایسه با اکوتیپ‌های رودبار و بم از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بود (شکل ۲).



شکل ۱- اثر اکوتیپ و تراکم کاشت بر سرعت رشد محصول گیاه حنا
Figure 1- The effect of ecotype and planting density on CGR of Henna plant

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشد گیاه حنا

Table 2- Variance analysis of Henna growth indexes

منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی d.f	سرعت رشد محصول CGR	سرعت رشد نسبی RGR	شاخص سطح برگ LAI	نسبت سطح برگ LAR	سطح ویژه برگ SLA	وزن مخصوص برگ SLW	دوام سطح برگ LAD	دوام بیوماس BMD
بلوک	Block	2	0.191	0.000001	0.0032	5.671	19.534	$5.8*10^{-7}$	104041.6	4.645
اکوتیپ	Ecotype (E)	2	3.082^{**}	0.00002^{**}	0.002^{ns}	1.707^{ns}	154.3^{ns}	$1*10^{-6ns}$	40081^{ns}	1.606^{ns}
تراکم	Density(D)	3	89.33^{**}	0.0000005^{ns}	6.966^{**}	10895^{ns}	155.1^{ns}	$1.8*10^{-6ns}$	9368958^{**}	4130^{**}
تراکم×اکوتیپ	E×D	6	0.198^{ns}	0.000001^{ns}	0.013^{ns}	7.669^{ns}	109.5^{ns}	$9.6*10^{-7ns}$	115552^{ns}	7.3^{ns}
خطا	Error	22	0.180	0.0000007	0.017	5.827	66.63	$7*10^{-7}$	99213	9.218
ضریب تغییرات	C.V	-	5.9	5.06	6.52	5	7.2	8.99	5.28	2.48

ns و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

ns and **: no significant and significant at the 1% probability levels.

جدول ۳- تجزیه واریانس فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، هدایت روزنه‌ای و عملکرد گیاه حنا

Table 3- Variance analysis of net photosynthesis, transpiration rate, stomatal conductance and yield in Henna

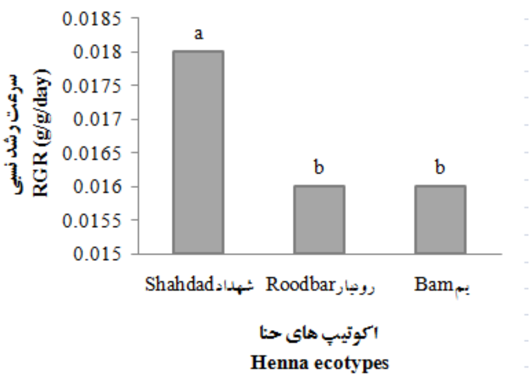
منابع تغییرات	S.O.V	درجه آزادی d.f	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	سرعت تعرق Transpiration rate	هدایت روزنه ای Stomatal conductance	عملکرد خشک کل Total dry yield	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield
بلوک	Block	2	0.483	0.181	32.695	6136	216.08
اکوتیپ	Ecotype (E)	2	0.538^{ns}	0.094^{ns}	444.8^{*}	8081^{ns}	79.426^{ns}
تراکم	Density(D)	3	13.328^{**}	11.458^{**}	2422^{**}	772002^{**}	186871^{**}
تراکم×اکوتیپ	E×D	6	0.175^{ns}	0.0310^{ns}	33.16^{ns}	854.3^{ns}	15.491^{ns}
خطا	Error	22	0.618	0.175	119.26	5552	566.33
ضریب تغییرات	C.V	-	4.37	4.49	4.77	11.61	7.45

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: no significant and significant at the 1% and 5% probability levels, respectively

تفاوت زیادی بین ارقام یک گونه گیاهی از نظر سرعت نسبی رشد می‌تواند وجود داشته باشد (Poorter, 1989) که این تفاوت ناشی از فاکتورهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، شیمیایی و یا الگوی اختصاص مواد بوده که همگی در تغییر سرعت رشد نسبی مؤثر هستند. اگرچه ارقام با سرعت رشد نسبی بالاتر قادرند به سرعت اندازه خود را افزایش دهند و فضای بیشتری را به خود اختصاص دهند اما ارقام با سرعت رشد نسبی کمتر نیز سیاست اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی و شیمیایی جذب شده در بخش‌های ساختمانی را دارند و بیشتر به ذخیره‌سازی برای مراحل بعدی رشد می‌پردازند (Poorter, 1989).

شاخص سطح برگ (LAI): طبق نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر ساده تراکم بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۱۶) در بالاترین سطح تراکم کاشت حاصل شد که نسبت به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع ۳۹/۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۳).

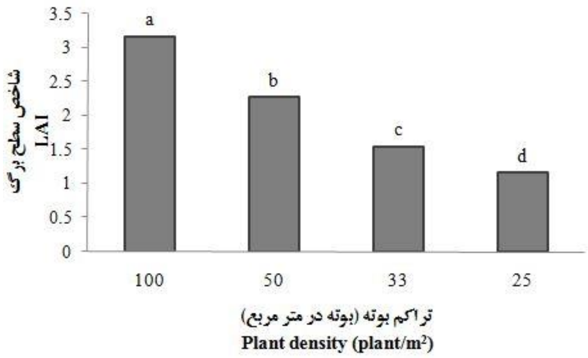


شکل ۲- اثر اکوتیپ بر سرعت رشد نسبی گیاه حنا

Figure 2- The effect of ecotype on RGR of Henna plant

همچنین کمترین شاخص سطح برگ (۱/۱۶) از تراکم ۲۵ بوته در مترمربع (فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد. افزایش شاخص سطح برگ گیاه حنا در نتیجه افزایش تراکم کاشت با نتایج به‌دست آمده از سایر تحقیقات بر روی سیب‌زمینی شیرین (Kuhlase *et al*., 2009)، سویا (Holshouser and Jones, 2003) و تربچه (Bannayan *et al*., 2010) مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است افزایش تراکم کاشت تا حدی که باعث دستیابی به بیشترین شاخص سطح برگ شود، موجب تجمع ماده خشک بیشتری می‌گردد (Grogton *et al*., 1988). در تحقیق حاضر نیز افزایش تراکم کاشت تا ۱۰۰ بوته در متر مربع باعث افزایش وزن خشک برگ و وزن خشک کل گیاه حنا شد.

بیشتر بودن تعداد گیاه در واحد سطح می‌تواند دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع باشد. هرچه تراکم گیاهی بالاتر رود سطح برگ بیشتری تولید می‌گردد و در نتیجه شاخص سطح برگ بالاتر می‌رود. این نتایج با یافته‌های سایر محققین بر روی گیاهان گندم و جو مطابقت دارد (Armin *et al*., 2008; Moradhajati and Shokuhfar, 2016).



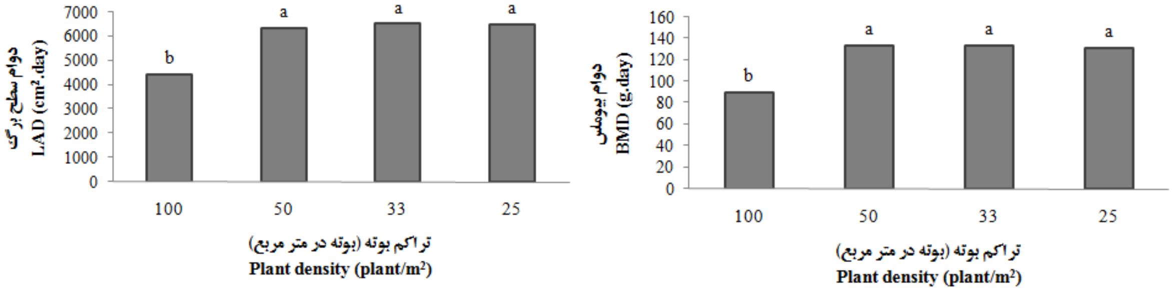
شکل ۳- اثر تراکم کاشت بر شاخص سطح برگ گیاه حنا

Figure 3- The effect of planting density on LAI of Henna plant

نسبت سطح برگ (LAR)، سطح ویژه برگ (SLA) و وزن مخصوص برگ (SLW): اثرات ساده اکوتیپ و تراکم کاشت و همچنین اثر متقابل آنها اثر معنی‌داری بر روی هیچ‌یک از شاخص‌های نسبت سطح برگ، سطح ویژه برگ و وزن مخصوص برگ نداشتند (جدول ۲).

دوام سطح برگ (LAD) و دوام بیوماس (BMD): دوام سطح برگ در سطح یک درصد تحت تاثیر تراکم کاشت قرار گرفت ولی اثر ساده اکوتیپ و اثر متقابل اکوتیپ در تراکم برای این شاخص معنی‌دار نگردیدند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت نشان داد که کمترین دوام سطح برگ مربوط به تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع بود که اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با سایر تراکم‌ها داشت (شکل ۴). اختلاف بین سایر تراکم‌های کاشت معنی‌دار نبود. نتایج به‌دست آمده نشان داد اثر تراکم بوته بر شاخص دوام بیوماس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد افزایش تراکم کاشت از ۲۵ به ۳۳ و ۵۰ بوته در مترمربع منجر به تغییر معنی‌داری در شاخص دوام بیوماس نگردید درحالی‌که در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع این شاخص به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر سطوح تراکم کاهش یافت (شکل ۴).

افزایش فاصله ردیف کاشت در کلزا، منجر به افزایش مقدار دوام سطح برگ به دلیل فضای زیادتر بین بوته‌ها گردید (Morrison *et al*., 1990). مطالعه فواصل ردیف ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر در گیاه سویا نشان داد که بیشترین دوام سطح برگ در فاصله ردیف کاشت ۵۰ سانتی‌متر به‌دست آمد (Board and Harville, 1996). برخلاف نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، با کاهش فاصله ردیف کاشت در گیاه گلرنگ، دوام سطح برگ افزایش یافت (Pourhadian and Khajepour, 2008). آنها بیان کردند با افزایش تراکم بوته اندازه بوته کوچک‌تر شده و تعداد برگ و شاخص سطح برگ در بوته کاهش می‌یابد. اما افزایش تراکم بوته در واحد سطح باعث افزایش موارد فوق در واحد سطح شده و افزایش دوام سطح برگ را به‌دنبال دارد.

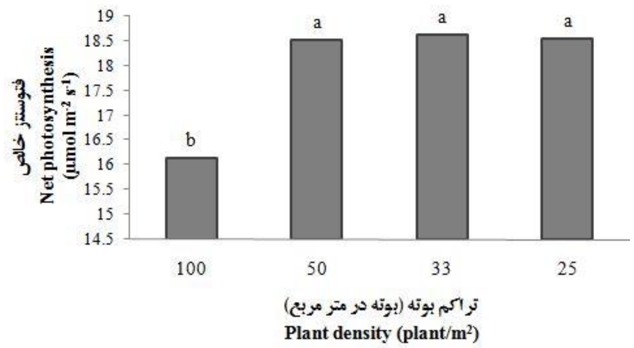


شکل ٤- اثر تراکم کاشت بر دوام سطح برگ و دوام بیوماس گیاه حنا

Figure 4- The effect of planting density on LAD and BMD of Henna plant

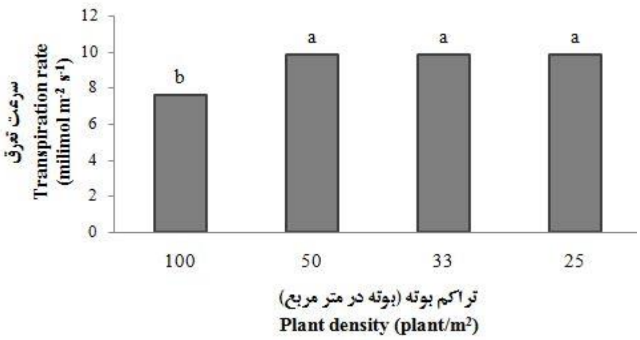
فتوسنتز خالص: این صفت تنها تحت تأثیر اثر ساده تراکم قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت بر فتوسنتز خالص نشان داد که فتوسنتز خالص در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع برابر ۱۸/۵۵ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه بود که با افزایش تراکم تا ۵۰ بوته در مترمربع تغییر معنی‌داری نکرد (شکل ۵). فتوسنتز خالص در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع (۱۶/۱۴ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه) به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تراکم‌های کاشت کاهش پیدا کرد. پایین بودن فتوسنتز خالص در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع می‌تواند به دلیل بالا بودن رقابت بین بوته‌ها برای جذب نور و مواد غذایی، افزایش سایه‌اندازی و در نتیجه افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز خالص باشد (Taiz and Zeiger, 1998). مطابق با نتایج این تحقیق کمترین میزان فتوسنتز خالص گیاه سویا در بالاترین تراکم (۵۰۰ هزار بوته در هکتار) به‌دست آمده است (Sadeghi *et al*., 2015). همچنین گزارش شده است با افزایش تراکم و در نتیجه شاخص سطح برگ، فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد (Viddicombe and Thelen, 2002).

سرعت تعرق: تعرق عمدتاً نیروی محرکه جهت به جریان انداختن آب جذب شده در گیاه را علی‌رغم وجود نیروی ثقل و مقاومت‌های اصطکاکی موجود در مسیر آب، تأمین می‌کند. در این تحقیق اکوتیپ اثر معنی‌داری بر سرعت تعرق نداشت (جدول ۳) ولی بین تراکم‌های مورد بررسی تفاوت‌هایی ملاحظه شد به‌طوری‌که تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع با میانگین ۷/۶۰ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تراکم‌ها از سرعت تعرق کمتری برخوردار بود (شکل ۶). شدت تعرق تابع اختلاف فشار بخار، مقاومت در برابر جریان آب و توانایی گیاه و خاک از نظر انتقال آب به جایگاه تعرق می‌باشد. همچنین شدت تشعشع خورشید، درجه حرارت، رطوبت نسبی و باد از سایر عوامل محیطی تأثیرگذار بر تعرق می‌باشند (Koocheki and Sarmadnia, 2006). به نظر می‌رسد در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع به علت افزایش رطوبت نسبی کانوپی و از طرفی کاهش رطوبت خاک به علت تراکم بالا، میزان تعرق کاهش یافته است. از آنجا که تعرق روزنه‌ای نقش اصلی را در تنظیم دمای برگ دارد با کاهش تعرق، دمای برگ افزایش یافته و در نهایت منجر به کاهش میزان فتوسنتز می‌گردد که نتایج اندازه‌گیری میزان فتوسنتز خالص (شکل ۵) مکمل این مطلب است.



شکل ۵- اثر تراکم کاشت بر فتوسنتز خالص گیاه حنا

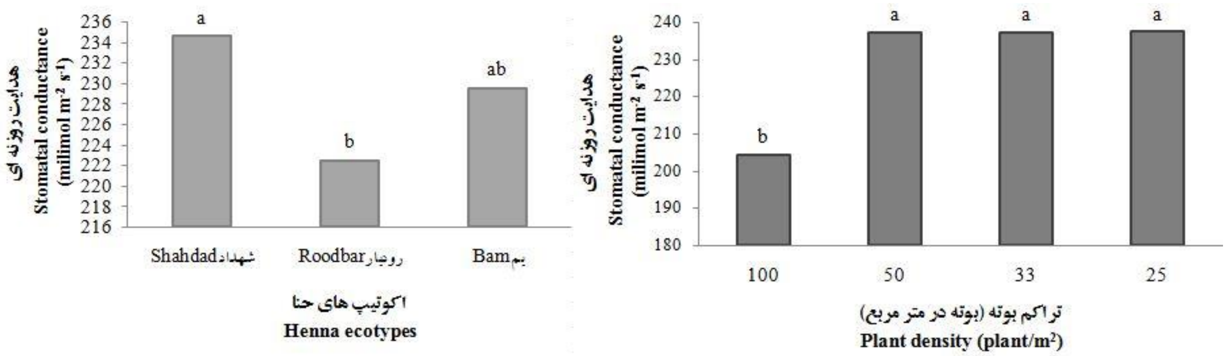
Figure 5- The effect of planting density on net photosynthesis of Henna plant



شکل ٦- اثر تراکم کاشت بر سرعت تعرق گیاه حنا

Figure 6- The effect of planting density on evaporation rate of Henna plant

هدایت روزنه‌ای: هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری تحت تـأثیر اکوتیپ و تراکم کاشت قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین میزان هـدایت روزنه‌ای مربوط به اکوتیپ شهداد (۲۳۴/۶ میلی‌مول بـر مترمربـع بـر ثانیه) بود که تفاوت معنی‌داری با اکوتیپ بـم (۲۲۹/۶ میلـی‌مـول بـر مترمربع بر ثانیه) نداشت (شـکل ۷). همچنـین مقایسـه میـانگین اثـر تراکم کاشت برای این صفت نشان داد که بین تراکم‌هـای ۲۵، ۳۳ و ۵۰ بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری وجود ندارد در حالی‌که تـراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع با اختلاف معنـی‌داری کمتـرین مقـدار هـدایت روزنه‌ای (۲۰۴/۳ میلی‌مول بر مترمربع بر ثانیه) را به خـود اختصـاص داد (شکل ۷). در بررسی گونه‌هـای مختلـف بـاقلا (*Vicia faba* L.) نشان داده شد که تراکم، فراوانی و تعداد روزنه‌ها در هر برگچه تحـت تـأثیر تـراکم گیـاه قـرار مـی‌گیـرد (Tanzarella *et al.*, 1984). بررسی‌های دیگر نشان دادند که تعداد روزنـه در هـر واحـد از سـطح برگ ممکن است در بین گونه‌های گیاهی، ارقام و کلون‌ها تغییر کنـد (Caglar and Tekin, 1999; Misirli *et al.*, 1998). در ایـن تحقیق به نظر می‌رسد رقابت بر سـر جـذب آب در تـراکم بـالا (۱۰۰ بوته در مترمربع) گیاهان را در معـرض کمبـود آب قـرار داده باشـد و گیاهان نیز از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای سـعی در حفـظ رطوبـت خود داشته‌اند چرا که کاهش موازی در فتوسنتز و هدایت روزنـه‌ای در شرایط کمبود رطوبت خاک به دفعات گـزارش شـده اسـت (Koc *et al.*, 2003).

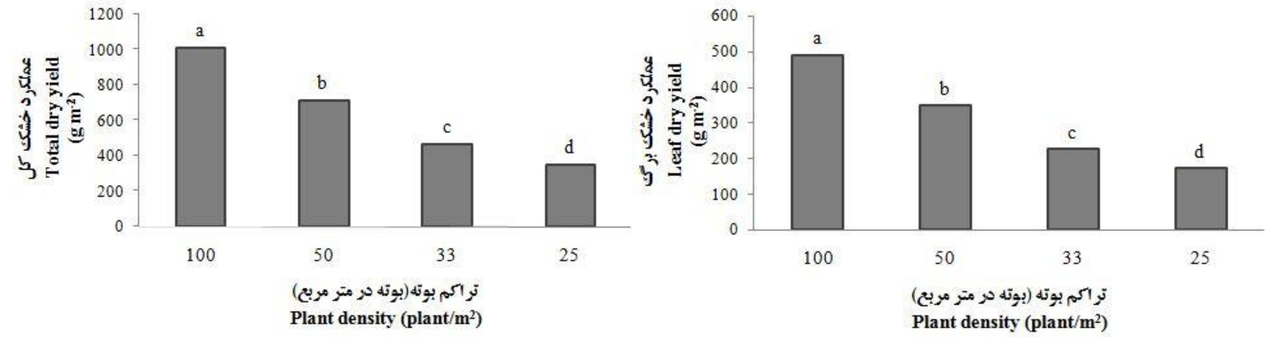


شکل ۷- اثر اکوتیپ و تراکم کاشت بر هدایت روزنه‌ای گیاه حنا

Figure 7- The effect of ecotype and planting density on stomatal conductance of Henna plant

عملکرد خشک برگ و عملکـرد خشـک کـل: نتـایج تجزیـه واریـانس نشـان داد کـه اثـر تـراکم در سـطح احتمـال یـک درصـد ($P<0.001$) برای عملکرد خشک بـرگ معنـی‌دار گردیـد (جـدول ۳). بیشترین عملکرد خشک برگ مربوط به اکوتیپ شهداد (۳۲۲/۵ گـرم در مترمربع) بود که اختلاف معنی‌داری با اکوتیپ رودبار (۳۰۸/۳ گـرم در مترمربع) نداشت. در این تحقیق افزایش تـراکم کاشـت منجـر بـه افزایش معنی‌دار عملکرد خشک برگ گردید به گونه‌ای که بیشترین و کمترین عملکرد خشک برگ به‌ترتیب مربوط به تراکم‌های ۱۰۰ و ۲۵ بوته در مترمربع بود (شکل ۸).

طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده اکوتیپ بر عملکـرد خشـک کل معنی‌دار نبود ولی اثر ساده تراکم در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد خشک کل (۱۰۱۰ گرم در متـرمربـع) در بالاترین سطح تراکم کاشت حاصل شد که نسبت به تـراکم ۵۰ بوتـه در متـرمربـع ۴۱/۱ درصـد افـزایش نشـان داد (شـکل ۸). همچـنـین کمترین عملکرد خشک کل (۳۴۸/۸ گرم در متـرمربـع) از تـراکم ۲۵ بوته در مترمربع (فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) به‌دست آمـد. اثـر متقابل اکوتیپ در تراکم برای عملکرد خشک کل معنی‌دار نگردید. در مواردی که اندام هوایی گیاه به‌عنوان بخش اقتصـادی مطـرح باشـد، کشت‌های متراکم و ایجاد سطح بالای شاخص سطح برگ مـی‌توانـد در افزایش ماده خشک مؤثر باشد و عملکـرد مـاده خشـک مـی‌توانـد تحت تأثیر تـراکم قـرار گیـرد (Yaghoubnejad, 2004). محققـین گزارش کردند که تراکم ۵۰ بوته در مترمربع گیاه گلرنـگ نسـبت بـه تــراکم ۴۰ بوتــه در متــرمربــع دارای وزن خشــک بیشــتری بــود (Pourhadian and Khajepour, 2008). همچنین آنها بیان کردنـد با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابـت بـین بوتـه‌هـا بـه دلیـل کاهش فضای قابل دسترس گیاه تشـدید شـده و باعـث کـاهش وزن خشک هر بوته می‌شود اما افزایش تعداد بوته در مترمربع باعث جبران این کاهش شده و افزایش ماده خشک در واحد سطح را به‌دنبال دارد.



شکل ۸- اثر تراکم کاشت بر عملکرد خشک برگ و خشک کل گیاه حنا

Figure 8- The effect of planting density on total and leaf dry yield of Henna plant

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی بین اکوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ عملکرد در شرایط آب و هوایی کرمان اختلافی وجود نداشت. همچنین بیشترین عملکرد به تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع اختصاص داشت. البته بایستی توجه نمود که حنا گیاهی چند ساله بوده و این تراکم کاشت برای سال اول از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است ولی برای بوته‌های با سن بیشتر از یک سال با توجه به تغییر در اندازه پیکره گیاه، تحقیق در مورد تراکم مناسب ضروری به نظر می‌رسد. همچنین اگرچه میزان عملکرد به‌دست آمده از این تحقیق با میزان عملکرد از کشت سال اول حنا در مناطق بومی زیر کشت آن (تحقیقات در حال چاپ نویسندگان) تقریباً همخوانی دارد ولی در پایان فصل رشد و با اولین کاهش دمای شدید، بوته‌های حنا دچار سرمازدگی شده و برای سال بعد امکان رویش مجدد نداشتند.

References

1. Al-Rubiay, K. K., Jaber, N. N., Al-Mhaawe, B. H., and Alrubaiy, L. K. 2008. Antimicrobial efficacy of henna extracts. Oman Medical Journal 23: 253-6.
2. Armin, M., Noormohammadi, Gh., Darvish F., Zand, S., and Baghestani, M. 2008. Study on some ecophysiological difference in more and less competitive winter wheat cultivars on competition with wild oat at different wheat densities. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 80: 119-127. (in Persian with English abstract).
3. Bannayan, M., Rahmati, M., Ghani A., and Ghavidel, H. 2010. Quantitative analysis of growth and production of two local and commercial cultivars of radish (*Rhaphanus sativus* L.) in response to different levels of planting density. Iranian Journal of Field Crop Research 8 (6): 1002-1011. (in Persian with English abstract).
4. Behdani, M., Ghazvini, K., Mohammadzadeh, A. R., and Sadeghian, A. 2009. Antibacterial activity of Henna extracts against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeroginosa*. Ofogh-e-Danesh. GMUHS Journal Vol. 15: 46-52. (in Persian with English abstract).
5. Bich, D. H., Chung, D. Q., Chuong, B. X., Dong, N. T., Dam, D. T., Hien, P. V., Lo, V. N., Mai, P. D., Man, P. K., Nhu, D. T., Tap, N., and Toan, T. 2004. The Medicinal Plants and Animals in Vietnam. Hanoi Science and Technology Publishing House, Hanoi, Vol. 1, p. 224.
6. Board, J. E., and Harville, B. G. 1996. Explantions for greater light interception in narrow- vs- wide-row soybean. Crop Science 32: 198-202.
7. Caglar, S., and Tekin, H. 1999. The stomata density of pistachio cultivars on different pistacia rootstocks. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23: 1029-1032.
8. Campos, V. M., Pasin, L. A. A. P., and Barja, P. R. 2008. Photosynthetic activity and growth analysis of the plant *Costus spicatus* cultivated under different light conditions. The European Physical Journal Special Topics 153: 527-529.
9. Chaudhary, G., Goyal, S., and Poonia, P. 2010. *Lawsonia inermis* Linnaeus: A Phytopharmacological Review. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research 2: 91-98.
10. Endrini, S., Rahmat, A., Ismail, P., and Taufiq-Yap, Y. H. 2007. Comparing of the cytotoxicity properties and mechanism of *Lawsonia inermis* and *Strobilanthe crispus* extract against several cancer cell lines. Journal of Medical Science 7: 1098-1102.
11. Pasandi Pour, A., Farahbakhsh, H., and Moradi, R. 2018. Assessing effect of climatic-management factors on yield and growth characteristics of henna (*Lowsonia inermis* L.) as a medicinal-industrial plant in Kerman province. Agroecology. (In Press). (in Persian with English abstract).

12. Ghalandari, R., Rhimzadeh Khoei, F., Toorchi, M., and Behtari, B. 2009. Effect of Plant Density on Growth and Yield of Three Sunflower Hybrids (*Helianthus annuus* L.) as a Second Crop. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2 (20): 27-40. (in Persian with English abstract).
13. Grogton, K. F., Schneiter, A. A., and Nagle, B. J. 1988. Row spacing, plant population and genotype with row spacing effects on yield and yield components of dry bean. Agronomy Journal 80: 631-634.
14. Holshouser, D. L., and Jones, B. P. 2003. Early-maturing double crop soybean requires higher plant population to meet leaf area requirement. Crop Management 2. doi: 10.1094/CM-2003-0408-01-RS.
15. Koc, M., Barutcular, C., and Genc, I. 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheat's in Mediterranean environment. Crop Science 43: 2089-2098.
16. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 2006. Physiology of crop plants. Jahade-e-Daneshgahi Mashhad Press. (in Persian).
17. Kuhlase, L. M., Ossom, E. M., and Rhykerd, R. L. 2009. Effects of plant populations on morphological and physiological parameters of intercropped sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Academic Journal of Plant Science 2 (1): 16-24.
18. Kumar Singh, D., Luqman, S., and Kumar Mathur, A. 2015. *Lawsonia inermis* L. – A commercially important primaeval dying and medicinal plant with diverse pharmacological activity: A review. Industrial Crops Products 65: 269-286.
19. Lebaschi, M. H. 1992. Investigate the different aspect of dual purpose using of Barley and Oat variety. M. Sc. Thesis in Agronomy. Isfahan Industrial Univ.
20. Martin, R. J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28 (1): 37-44.
21. Misirli, A., Topuz, F., and Zeybekoglu, N. 1998. Research on variation of female and male figs in terms of leaf properties and stomatal distribution. Acta Horticulture 480: 129-132
22. Moradhajati, P., and Shokuhfar, A. 2016. Growth Analysis, Yield and Yield Components of Three Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.) under Different Seeding Rates. Journal of Crop Ecophysiology 10 (2): 461-476. (in Persian with English abstract).
23. Morrison, M. J., Mcvetty, P. B. E., and Scar, R. 1990. Effect of altering plant density on growing characteristics of summer rape. Canadian Journal of Plant Science 70: 139-149.
24. Nour-Mohamadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2010. Agronomy, Vol. 1. Cereal Crops. Shahid Chamran University Press. (in Persian).
25. Poorter, H. 1989. Interspecific variation in relative growth rate: On ecological causes and physiological consequences. p. 45-68. In Lambers, et al., (Eds.) Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. SPB Acad. Publishing.
26. Pourhadian, H., and Khajepour, M. R. 2008. Effects of row spacing and planting density on growth indices and yield of safflower, local variety of Isfahan Koseh in summer planting. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11 (42): 17-31. (in Persian with English abstract).
27. Rafiei Alhoseini, M., and Salehi, F. 2002. Effect of plant density on grain yield and arable characteristics of three Sunflower varieties in Shahrekord. 8th Iranian Crop Science Congress, Gilan, Iran.
28. Sadeghi, H., Heidari Sharifabd, H., Hamidi, A., Noormohammadi, Gh., and Madani, H. 2015. Effect of planting date and plant density on net photosynthesis, stomatal conductance, leaf chlorophyll index and grain yield of soybean in Meghan and Karaj areas. Journal of Plant Ecophysiology 7 (23): 83-94. (in Persian with English abstract).
29. Taize, L., and Zeiger, E. 1998. Plant physiology. 2nd Ed. Sinauer Associates, Sunderland.
30. Tanzarella, O. A., Depace, C., and Filippetti, A. 1984. Stomata frequency and size in *Vicia faba* L. Crop Science 24: 1070-1076.
31. Viddicombe, W. D., and Thelen, K. D. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern cron Belt. Agronomy Journal 94: 1020-1023.
32. Yaghoubnejad, F. 2004. Effect of row space, plant space and variety on growth, tuber size and potato yield. M. Sc. Thesis in Agronomy. Isfahan Industrial Univ.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 1, Spring. 2018, p. 181-190

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص. ۱۹۰-۱۸۱

The Effect of Plant Density on Photosynthesis and Growth Indices of Henna (*Lowsonia inermis* L.) Ecotypes

A. Pasandi Pour[1]- H. Farahbakhsh[2*]
Received: 19-12-2016
Accepted: 22-08-2017

Introduction

One of the most important factors to obtain the maximum performance or yield in every climatic condition and for each plant varieties is determining the optimum plant density. Henna (*Lowsonia inermis* L.) is a perennial plant with high value in terms of having medicinal properties and industrial applications. The dye which is derived from green leaves of henna is used for decorating the body with intricate designs and the principle coloring matter is lawsone, 2-hydroxy-1, 4-naphthoqunone. The main purpose of this study was to evaluate the agro-physiological reaction of different henna ecotypes to different planting densities in Kerman weather conditions.

Materials and Methods

The study was carried out as a factorial experiment based on complete randomized block design with three replications in Shahid Bahonar University in 2015. The experiment consisted of four plant densities (25, 33, 50 and 100 plants m^{-2}) and three ecotypes (Shahdad, Roodbar and Bam). Due to its small seeds and germination problems the planting method used was transplanting. In this study, growth indices such as leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), leaf area ratio (LAR), specific leaf area (SLA), specific leaf weight (SLW), leaf area duration (LAD) and biomass duration (BMD) were calculated. The net photosynthesis, stomatal conductance and transpiration rate were measured in the middle of growing period by photosynthesis meter (CI-340 model, CID Bio- Science companies, USA). At the end, the results were analyzed using the SAS v. 9.1 and MSTATC software's and diagrams were drawn by Excel software.

Results and Discussion

The results showed that the studied ecotypes were significantly different in terms of CGR, RGR and stomatal conductance. The highest average of CGR belonged to Shahdad ecotype while there was no significant difference between Roodbar and Bam ecotypes in this case. Shahdad ecotype with the RGR of 0.018 g.g.day had the highest average of this trait. This difference could be due to physiological, morphological and chemical factors as well as allocating pattern of photosyntates, all affects the relative growth rate. The maximum value of stomatal conductance was recorded for Shahdad ecotype (234.6 mmol m^{-2} s^{-1}), that was not significantly different with Bam ecotypes (229.6 mmol m^{-2} s^{-1}). There are some reports showing that the number of stomata per unit of leaf area may be changed with plant species and varieties. The differences in studied densities were statistically significant for the measured traits. Results showed that the maximum of CGR was recorded for 100 plants m^{-2} density. Increase in CGR at the higher densities could be due to the increased number of plants per unit area producing a higher leaf area index. In this research LAI increased with increasing in planting density and the highest average of this trait was obtained from 100 plants m^{-2}. LAD and BMD were affected significantly by planting density ($P<0.01$). The results of mean comparisons showed that average of LAD and BMD decreased with increasing in plant density from 50 to 100 plants m^{-2}. The same result was obtained for net photosynthesis, transpiration rate and stomatal conductance. Low net photosynthesis in 100 plants m^{-2} density could be due to high competition between plants for light and food absorption, increase in shading and consequently increasing in respiration. The results showed that total dry yield and leaf dry yield were significantly affected by planting densities. The highest and lowest values of mentioned traits belonged to densities of 100 and 25 plants m^{-2} respectively.

Conclusions

Generally between ecotypes evaluated in terms of performance, there was no difference in Kerman weather conditions. Also the highest yield was belonged to100 plants m^{-2} density. It should be noted that henna is a perennial plant and this planting density for the first year is economically justified but for more than one year old plants, according to changes in body size of the plant, research on the appropriate density seems to be necessary.

Keywords: CGR, Ecotype, Row spacing, Stomatal conductance, Yield

---

1 and 2- PhD Student and Associate Professor respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Bahonar University, Kerman
(*- Corresponding Author Email: hfarahbakhsh@yahoo.com)